

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Igor Lajtman

Zagreb, 2009.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Voditelj rada:
Prof.dr.sc. Dorian Marjanović, dipl.ing.
Doc.dr.sc. Mario Štorga, dipl.ing.

Igor Lajtman

Zagreb, 2009.

Sažetak rada.

Cilj završnog rada je razmatranje mogućnosti modularizacije i standardizacije ključnih komponenti već postojećih proizvoda, u ovom slučaju plinskih filtara, s ciljem povećanja efikasnosti korištenja već postojećih konstrukcijskih rješenja i proizvodnih kapaciteta te istovremenog zadovoljavanja šireg spektra zahtjeva korisnika.

Za dugogodišnji proizvod tvrtke EKO Međimurje d.d. – plinske filtre nazivnih otvora NO 25, 50, 80, 100 i 150 koji se proizvode u ravnoj i kutnoj izvedbi, analizirane su mogućnost modularizacije konstrukcijskih rješenja za nazivne tlakove PN16 i PN40, te su predložena rješenja za unificiranje filtarskih uložaka temeljem provedene analize.

U radu je za predložena rješenja izvršena provjera maksimalnih brzina strujanja plinova kroz filtre, što je prikazano odgovarajućim grafičkim prikazima.

Sadržaj

Sažetak rada.....	3
Popis slika.....	3
Popis tablica.....	4
Popis oznaka.....	5
Izjava.....	6
1. Uvod.....	7
2. Varijabilnost proizvoda.....	8
2.1. Familija proizvoda.....	8
2.1.1. Pojam familije proizvoda.....	8
2.1.2. Odnos brzine promjene i raznolikosti proizvoda.....	8
2.1.3. Utjecaj varijabilnosti proizvoda na troškove.....	9
2.1.4. Svojstva familije proizvoda.....	11
2.2. Platforma proizvoda.....	12
2.2.1. Pojam platforme proizvoda.....	12
2.2.1.1. Prednosti i nedostaci korištenja platformi proizvoda.....	12
2.3. Arhitektura proizvoda.....	14
2.3.1. Pojam arhitekture proizvoda.....	14
2.3.2. Vrste arhitekture proizvoda.....	14
2.3.2.1. Integralna arhitektura proizvoda.....	14
2.3.2.2. Modularna arhitektura proizvoda.....	15
2.3.2.2.1. Vrste modularne arhitekture proizvoda.....	16
2.3.2.2.2. Klasifikacija modula.....	17
3. Konfigurabilni proizvodi.....	18
3.1. Značajke konfigurabilnih proizvoda.....	19
3.2. Proces konfiguriranja.....	19
3.3. Konfiguracijski sustavi.....	19
4. Plinski filtri.....	22
4.1. Analiza postojećeg stanja.....	22
4.2. Izgled i funkcija filtra.....	24

4.2.1. Ravni plinski filter ZFG	24
4.2.2. Kutni plinski filter ZEFG	25
5. Standardizacija i unificiranje plinskih filtera	26
5.1. Rekonstrukcija kućišta i poklopca	26
5.1.1. Rekonstrukcija ravnog i kutnog plinskog filtra DN100 PN16.....	26
5.2. Unificiranje filterarskih uložaka	31
5.2.1. Kontrolni proračun filterarskih uložaka	31
5.2.2. Rekonstrukcija filterarskih uložaka.....	34
5.2.2.1. Proračun dimenzija košarice	34
5.3. Provjera maksimalne brzine strujanja plinova kroz filter.....	38
6. Zaključak	40
7. Popis literature.....	41
8. Prilog.....	42
8.1. Tehnička dokumentacija	42

Popis slika

Slika 1. Odnos brzine promjene i raznolikosti proizvoda	9
Slika 2. Sličnost u životnim fazama proizvoda	10
Slika 3. Stvaranje varijante proizvoda u kasnijoj životnoj fazi	10
Slika 4. Svojstva familije proizvoda	11
Slika 5. Vrste modularne arhitekture s utorima.....	16
Slika 6. Sabirnička modularna arhitektura	17
Slika 7. Sekcijska modularna arhitektura.....	17
Slika 8. Serijska prilagodba	18
Slika 9. Plinski filteri	22
Slika 10. Ravni plinski filter ZFG.....	24
Slika 11. Kutni plinski filter ZEFG.....	25
Slika 12. Model kućišta ravnog filtra	27
Slika 13. Izmijenjena dimenzija ravnog filtra.....	27

<i>Slika 14. Model poklopca plinskih filtra.....</i>	<i>28</i>
<i>Slika 15. Izmijenjena dimenzija poklopca filtra</i>	<i>28</i>
<i>Slika 16. Model sklopa košarice</i>	<i>29</i>
<i>Slika 17. Model košarice s glavnim dimenzijama.....</i>	<i>29</i>
<i>Slika 18. Model kućišta kutnog filtra</i>	<i>30</i>
<i>Slika 19. Izmijenjena dimenzija kutnog filtra</i>	<i>30</i>
<i>Slika 20. Dijagram pada tlaka ravnog filtra za prirodni plin</i>	<i>32</i>
<i>Slika 21. Dijagram pada tlaka kutnog filtra za prirodni plin</i>	<i>33</i>
<i>Slika 22. Razvijena mjera košarice.....</i>	<i>34</i>
<i>Slika 23. Dimenzije ravnog filtra ZFG</i>	<i>36</i>
<i>Slika 24. Dimenzije kutnog filtra ZEFG</i>	<i>37</i>
<i>Slika 25. Pad brzina strujanja fluida za manji pridruženi promjer košarice</i>	<i>38</i>
<i>Slika 26. Pad brzina strujanja fluida za veći pridruženi promjer košarice</i>	<i>39</i>

Popis tablica

<i>Tablica 1. Odnos arhitekture proizvoda o funkcijama proizvoda</i>	<i>14</i>
<i>Tablica 2. Tehnički podaci filtra</i>	<i>23</i>
<i>Tablica 3. Dimenzije filtra ZFG različitih nazivnih otvora</i>	<i>24</i>
<i>Tablica 4. Dimenzije filtra ZEFG različitih nazivnih otvora</i>	<i>25</i>
<i>Tablica 5. Vrijednosti dobivene proračunom za ravne filtre</i>	<i>33</i>
<i>Tablica 6. Vrijednosti dobivene proračunom za kutne filtre</i>	<i>34</i>
<i>Tablica 7. Vrijednosti visine košarice za različite promjere</i>	<i>35</i>
<i>Tablica 8. Dimenzije kućišta ravnog filtra za pridruženi promjer</i>	<i>36</i>
<i>Tablica 9. Dimenzije poklopca za pridruženi promjer</i>	<i>36</i>
<i>Tablica 10. Dimenzije kućišta kutnog filtra za pridruženi promjer.....</i>	<i>37</i>

Popis oznaka

Oznaka	Mjerna jedinica	Opis
$H1$	mm	Visina filtera
$H2$	mm	Visina filtera
L	mm	Širina filtera
$\varnothing D$	mm	Promjer prirubnice
p	mm	Promjer zapornog vijka
a	mm	Promjer zapornog vijka
b	mm	Širina prirubnice
v	m/s	Brzina strujanja
Q	m ³ /h	Volumni protok
p_o	Pa	Atmosferski tlak
T_o	K	Početna temperatura
p	Pa	Radni tlak
T	K	Radna temperatura
v_r	m/s	Radna brzina
Q_r	m ³ /h	Radni volumni protok
D_k	mm	Promjer košarice
Δp_n	Pa	Očitani pad tlaka
Δp_p	Pa	Stvarni pad tlaka
d	mm	Promjer košarice
a	mm	Širina lima košarice
b	mm	Visina lima košarice

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno, svojim znanjem te uz pomoć navedene literature.

Zahvala

Zahvalio bih se najprije svojim mentorima prof.dr.sc Dorianu Marjanoviću i doc.dr.sc Mariu Štorgi na razumijevanju, podršci te korisnim savjetima.

Također se zahvaljujem tvrtki EKO-Međimurje i gospodinu Zdravku Oletiću na pomoći pri rješavanju problema na koje sam naišao prilikom izrade ovog zadatka. Isto tako se zahvaljujem svim profesorima i asistentima Fakulteta strojarstva i brodogradnje koji su na bilo koji način pomogli u izradi završnog rada.

1. Uvod

Suvremeni uvjeti tržišne globalizacije uzrokovali su povećanje potrebe za proizvodima koji su prilagođeni individualnim zahtjevima korisnika. Zadovoljavanje tih zahtjeva, već je dvadesetak godina jedan od ključnih faktora uspjeha tvrtke na tržištu. S obzirom da postoje korisnici s različitim zahtjevima i kriterijima izbora proizvoda, od suvremenih tvrtki se očekuje veća ponuda različitih varijanti proizvoda s ciljem zadovoljavanja istih. Pri tome su tvrtke suočene sa velikim izazovom – kako osigurati što veću varijantnost proizvoda na tržištu sa što manjom razlikom između samih varijanti gledano s aspekta razvoja, proizvodnje, održavanja i zbrinjavanja [1], [2].

Individualiziranje zahtjeva koje diktiraju suvremena tržišta rezultiralo je posebno velikim promjenama u procesima proizvodnje. Opće je poznato kako se sredinom prošlog stoljeća vjerovalo da serijska proizvodnja može učiniti ukupni proizvodni proces učinkovitijim od pojedinačne proizvodnje. Sukladno promjenama i zahtjevima tržišta u drugoj polovici prošlog stoljeća, evidentan je prelazak tvrtki sa serijske proizvodnje na tzv. proizvodnju kontinuiranog poboljšanja. Taj prelazak bio je karakteriziran s dinamičkim promjenama u procesima proizvodnje, čime je ostvareno poboljšanje kvalitete proizvoda i konkurentnost u odnosu na proizvode proizvedene serijskom proizvodnjom. Svaka nova serija proizvoda proizvedena kontinuiranim poboljšanjem bila je drugačija i bolja od prethodne.

Pristup pojedinom korisniku kao idući veliki korak u promjeni proizvodnih procesa, dogodio se u zadnjem desetljeću prošlog stoljeća kao odgovor na individualizaciju korisničkih zahtjeva, te uzrokovao prelazak sa serijske proizvodnje na tzv. serijsku prilagodbu. Serijska prilagodba omogućuje prilagodbu proizvoda individualnim zahtjevima naručitelja pri čemu su promjene u procesima proizvodnje minimalne. Cilj serijske prilagodbe je postići što je moguće veći stupanj ponovnog korištenja komponenti proizvoda, tehničke dokumentacije, inženjerskog znanja, te operacija i aktivnosti u proizvodnim postupcima i postupcima održavanja i zbrinjavanja. Ponovno korištenje svega navedenog doprinosi efektu ukupnog smanjenja količine različitih informacija iz životnog ciklusa proizvoda te njihovo jednostavnije održavanje, što na kraju rezultira velikim smanjenjem ukupnih troškova [2].

U takvom pristupu, tvrtke su orijentirane prema razvoju familije proizvoda umjesto razvoju pojedinačnih proizvoda. Familiju proizvoda čini grupa proizvoda koja je sastavljena većim dijelom od zajedničkih komponenti te koristi ista znanja potrebna za razvoj, proizvodnju, održavanje i zbrinjavanje. Svaki član familije proizvoda naziva se varijanta proizvoda. S motivacijom koja proizlazi iz prethodno navedenog, predmet ovog rada je analiza različitih varijanti plinskih filtara koji se trenutno proizvode u tvrtki EKO Međimurje d.d. i razmatranje mogućnosti za definiranje njihove familije.

2. Varijabilnost proizvoda

2.1. Familija proizvoda

2.1.1. Pojam familije proizvoda

Familijom proizvoda uobičajeno se smatra grupa proizvoda koji dijele zajedničku funkcionalnost. Definiranjem familije proizvoda, proces konstruiranja više nije usmjeren na pojedinačni proizvod, već na razvoj različitih varijanti proizvoda koje čine familiju. Varijante proizvoda mogu se razlikovati prema: [1]

- dimenzijama,
- specifičnim prilagodbama pojedinim tržištima,
- funkcionalnim značajkama i
- estetskoj izvedbi.

Varijante proizvoda koje se razlikuju prema dimenzijama, kao u slučaju plinskih filtara, očituju se različitim vrijednostima koje mogu poprimiti geometrijske značajke pojedinih proizvoda familije. Osim razlike u vrijednostima geometrijskih značajki, takve varijante proizvoda mogu se razlikovati i prema vrijednostima radnih značajki kao što su npr. radni tlak, brzina strujanja medija i sl. S obzirom da su varijante proizvoda koji čine familiju uobičajeno namijenjene prodaji na različitim tržištima ili za zadovoljavanje različitih potreba unutar istog tržišta, razlike između pojedinih varijanti se očituju i u prilagodbi različitim zakonskim odredbama, normama ili jeziku tržišta kojemu je pojedina varijanta proizvoda namijenjena. Također se varijante proizvoda mogu razlikovati prema estetskoj izvedbi tj. prema boji, obliku i kvaliteti površina.

Za plinske filtere može se reći da je familija proizvoda grupa srodnih proizvoda pri čemu je veza između pojedinih proizvoda unutar grupe ostvarena zajedničkom gradivnom strukturom proizvoda. Elementi te strukture nazivaju se moduli, te predstavljaju funkcionalno ili strukturalno neovisne komponente filtera, čije je međudjelovanje uglavnom minimalno.

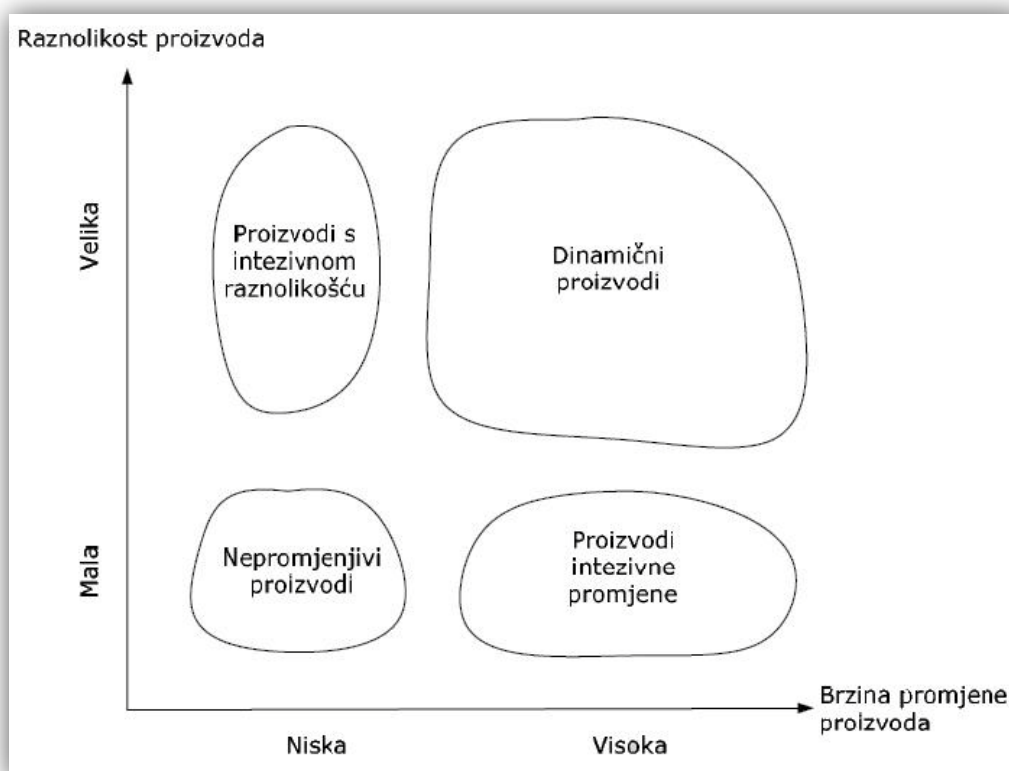
2.1.2. Odnos brzine promjene i raznolikosti proizvoda

Međusobna raznolikost između varijanti proizvoda definira familiju proizvoda. No, osim fizičke raznolikosti veliki utjecaj na promjenu proizvoda ima i vrijeme, tj. njegovu varijantnost možemo gledati kao funkciju vremena. Pod pojmom *raznolikosti proizvoda* podrazumijeva se broj različitih varijanti nekog proizvoda koji su se u određenom trenutku našli na tržištu dok se pod pojmom *brzine promjene proizvoda* podrazumijeva učestalost modifikacije odnosno zamjene proizvodnih varijanti na tržištu. Ova dva pojma su jako važne značajke svake familije proizvoda, te iz njih možemo pronaći četiri osnovne grupe proizvoda [1]:

- a) *nepromjenjivi proizvodi* – proizvodi koji imaju malu raznolikost i malu brzinu promjene
- b) *proizvodi s intenzivnom raznolikošću* – proizvodi koji su opisani velikom raznolikošću s malom brzinom promjene

- c) *proizvodi intenzivne promjene* – proizvodi sa malom raznolikošću i velikom brzinom promjene. Svaki novi proizvod se u vrlo kratkom roku predstavlja tržištu i nakon toga efektivno zamjenjuje svojeg prethodnika ostavljajući samo jednu varijantu proizvoda na tržištu.
- d) *dinamični proizvodi* – proizvodi koji se odlikuju velikom raznolikošću te velikom brzinom promjene

Plinski filtri bi se prema ovoj klasifikaciji mogli svrstati u nepromjenjive proizvode, što će usmjeriti daljnji tok analize.



Slika 1. Odnos brzine promjene i raznolikosti proizvoda

2.1.3. Utjecaj varijabilnosti proizvoda na troškove

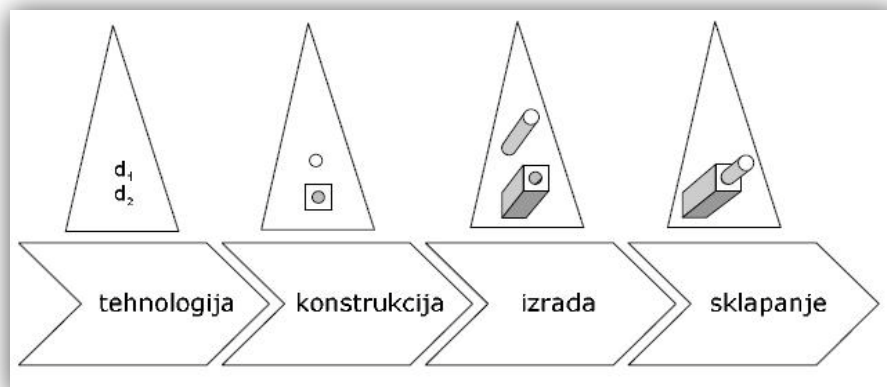
Varijabilnost proizvoda omogućava zadovoljavanje različitih zahtjeva tržišta, te na taj način osigurava bolju podršku prodajnoj fazi životnog ciklusa proizvoda, ali istovremeno uzrokuje povećanje dodatnih troškova u svim ostalim životnim fazama. Te dodatne troškove moguće je utvrditi i izračunati pomoću slijedećih parametara:

- broj različitih dijelova, broj varijanti,
- količina materijala, broj aktivnosti i operacija,
- broj organizacijskih grupa u tvrtki, broj osoblja.

Analiziranjem utjecaja dodatnih troškova kroz cjelokupni životni vijek proizvoda moguće je izračunati troškove stvaranja novih varijanti pri čemu je potrebno paziti da postoji ravnoteža između dodatnih troškova i troškova kreiranja varijanti [1].

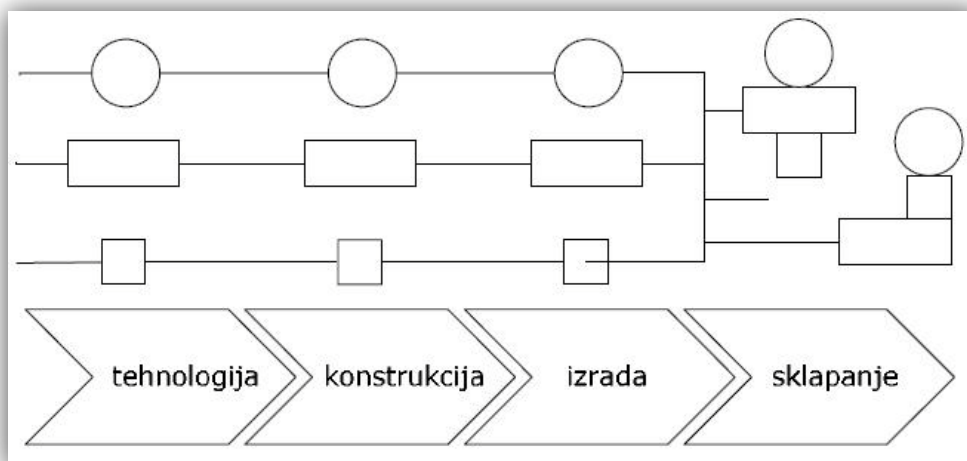
Dodatni troškovi stvaranja varijanata mogu se smanjiti na slijedeće načine:

- ponovno korištenje znanja, tehnologija, komponenti ili modula osnovni je preduvjet skraćivanje vremena koje je potrebno da bi se proizvod pojavio na tržištu, uz manji broj konstrukcijskih grešaka čime se smanjuje rizik
- kreiranje sličnosti u što više faza životnog ciklusa proizvoda (*slika 3.*), npr. zajedničke košarice i obloge filtra: sklapanje, obrada kućišta itd.



Slika 2. Sličnost u životnim fazama proizvoda

- stvaranje varijanta u što kasnijoj životnoj fazi proizvoda – ovim principom faza sklapanja proizvoda (*slika 4.*) postaje posebno značajna i direktno ima utjecaj na skraćivanje vremena proizvodnje, omogućuje lakše planiranje proizvodnje, smanjivanje cijena dobavljača zbog povećanja broja poluproizvoda te smanjivanje cijene skladištenja.

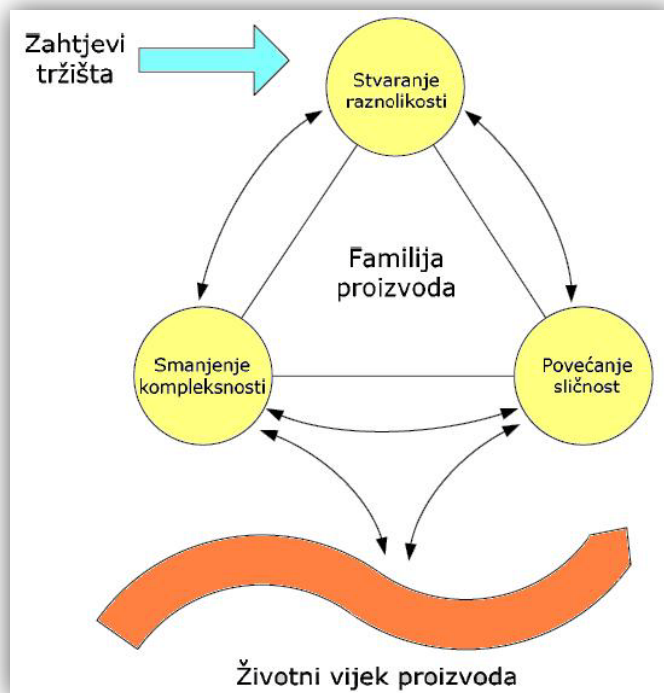


Slika 3. Stvaranje varijante proizvoda u kasnijoj životnoj fazi

2.1.4. Svojstva familije proizvoda

Razlikujemo tri osnovna svojstva familije proizvoda [1]:

- *stvaranje raznolikosti* – familija proizvoda treba osigurati raznolikost varijanata proizvoda zbog zadovoljavanja tržišta
- *smanjenje kompleksnosti* – familija proizvoda treba omogućiti smanjenje kompleksnosti u svim aktivnostima koje su povezane s razvojem proizvoda, proizvodnjom i drugim aktivnostima tijekom životnog ciklusa nekog proizvoda
- *povećanje sličnosti* – familija proizvoda treba omogućiti povećanje stupnja sličnosti vezano uz proizvodni sustav i životni vijek proizvoda



Slika 4. Svojstva familije proizvoda

2.2. Platforma proizvoda

2.2.1. Pojam platforme proizvoda

Promatrano sa stajališta korisnika, familija proizvoda predstavlja varijante proizvoda koje određena tvrtka nudi na tržištu zbog zadovoljavanja različitih potreba. Promatrano sa stajališta tvrtke, platforma proizvoda je osnovni preduvjet za razvoj različitih varijanata familije proizvoda te se definira kao [1]:

- skup podsustava i njihovih sučelja koji su razvijeni tako da čine zajedničku strukturu na temelju koje se efikasno razvijaju i proizvode različite varijante proizvoda
- skup pravila o podsustavima i njihovim vezama koji čine varijante proizvoda
- skup vrijednosti koje su zajedničke unutar familije proizvoda. Te su vrijednosti grupirane u četiri kategorije:
 - *komponente* – dijelovi proizvoda, strojevi potrebni za njihovu izradu te računalni programi
 - *procesi* – korišteni za izradu ili sklapanje komponenata u proizvod te pridruženi proizvodni procesi
 - *znanje* – konstrukcijsko, tehnologija, matematički modeli i metode za testiranje
 - *osobe i odnosi* – timovi, odnosi među članovima tima i odnosima među timovima

Iz prethodno navedenog može se zaključiti da platforma proizvoda ne predstavlja samo proizvod i njegove elemente, već i skupinu smjernica na temelju kojih se brže i efikasnije razvijaju varijante proizvoda. Korištenjem platformi proizvoda, razvoj poduzeća se temelji ne samo na razvoju trenutnog proizvoda nego i budućih varijanata proizvoda koje će zahtijevati tržište.

Potrebe tržišta se tijekom vremena mijenjaju, a isto se tako mijenja i tehnologija koja se koristi pri razvoju proizvoda. Obje promjene zahtijevaju promjene u platformi proizvoda. U dobro definiranoj platformi proizvoda dinamika promjene platforme je manja u odnosu na dinamiku razvoja novih varijanata proizvoda.

2.2.1.1. Prednosti i nedostaci korištenja platformi proizvoda

Razvoj proizvoda na temelju platforme proizvoda ima sljedeće potencijalne prednosti:

- povećana fleksibilnost i smanjeno vrijeme do izlaska proizvoda na tržište – korištenjem konstrukcijskih smjernica smanjuje se vrijeme potrebno za razvoj i proizvodnju proizvoda, a ujedno se ostvaruje i mogućnost naknadne reakcije na tržišne promjene;
- veća kvaliteta – više pažnje se posvećuje komponenti koje se više puta koristi

- smanjeni rizik novog proizvoda – zamjenom pojedinih dijelova platforme i zasnivanje svake nove generacije proizvoda na kombinaciji postojećih i novih elemenata, kao posljedicu ima smanjenje nastanka pogrešaka kako u konstrukciji tako i u proizvodnji

Osim navedenih prednosti, prilikom razvoja proizvoda na temelju platforme mogu se pojaviti sljedeći nedostaci:

- ograničenje radikalnim promjenama – prednosti platforme nije moguće iskoristiti prilikom razvoja platforme i prve varijante familije proizvoda. Prednost platforme dolazi do izražaja prilikom razvoja novih varijanti proizvoda.
- smanjenje performansi – potreba da se elementi platforme mogu višestruko koristiti može uzrokovati smanjenje performansi ili veće cijene pojedinih elemenata proizvoda

Ovi nedostaci ukazuju na činjenicu da razvoj platforme nije samo razvoj što općenitijeg rješenja, nego traženje kompromisa između potrebe da se platforma može višestruko koristiti i nedostataka koji takav pristup ima za sam proizvod [1].

2.3. Arhitektura proizvoda

2.3.1. Pojam arhitekture proizvoda

Arhitektura proizvoda definirane je kao skup elemenata i njihovih veza što zajednički definira proizvod. Elemente arhitekture proizvoda čine gradivne jedinice i pravila koja definiraju načine njihova povezivanja. Govoreći o arhitekturi proizvoda govorimo o fiktivnom proizvodu o kojem se razmišlja u trenutku kada želimo restrukturirati proizvodni program zbog utjecaja koji su proizašli iz okoline (tržišta, poduzeća...). Rezultat restrukturiranja proizvodnog programa je fizički proizvod koji je nastao na temelju definirane arhitekture proizvoda. Kada pak govorimo o stvarnim komponentama od kojih se sastoji fizički proizvod, koristimo pojam struktura proizvoda što označava zapravo gradivnu hijerarhijsku strukturu sklopova i dijelova nekog proizvoda [1], [2].

2.3.2. Vrste arhitekture proizvoda

Ovisno o načinu na koji su funkcija realizirane u komponentama, razlikujemo:

- integralnu i
- modularnu arhitekturu proizvoda.

Kod integralne arhitekture arhitektura proizvoda se funkcije preslikavaju u vrlo mali broj fizičkih elementa (koji su posljedično tome vrlo kompleksni), a između kojih postoji veliki broj kompleksnih interakcija (*tablica 2.*). Kod modularne arhitekture proizvoda se jedna ili mali broj funkcija preslikava u pojedini fizički element (gradivni blok ili modul), a između tako definiranih fizičkih elemenata postoji mali broj dobro definiranih interakcija. Za ostvarivanje fleksibilnosti i raznolikosti proizvoda upotrebljava se modularna, dok se za postizanje stabilnosti i optimalizacije proizvoda upotrebljava integralna arhitektura [1].

1 : 1	Jedna funkcija sadržana je u jednom elementu	Modularna arhitektura
1 : N	Jedna funkcija sadržana je u više elemenata	Integralna arhitektura
N : 1	Nekoliko funkcija sadržano je u jednom elementu	Modularna arhitektura
N : M	Nekoliko funkcija sadržano je u više elemenata	Integralna arhitektura

Tablica 1. Odnos arhitekture proizvoda o funkcijama proizvoda

2.3.2.1. Integralna arhitektura proizvoda

Kod integralne je arhitekture proizvoda većina funkcija sadržana u više elemenata, no svaka od tih funkcija ne izolira proizvod na pojedine elemente već ona dijeli proizvod na elemente prema funkciji koju realiziraju. Posljedica ovakvog pristupa je da promjene jednog elementa uzrokuju promjene drugih. Kao primjer proizvoda integralne arhitekture možemo promatrati i plinske filtere tvrtke EKO Međimurje d.d. Za ove je proizvode sa integralnom arhitekturom karakteristično da se proizvode u serijskoj proizvodnji. Njihovu cijenu je na tržištu moguće smanjivati na način da više različitih proizvoda sadrži iste komponente kako bi se postigla prijeko potrebna konkurentnost. Zbog serijske proizvodnje takvih proizvoda nastoje se minimizirati svi troškovi vezani uz proces sklapanja, čime se automatski povećava kompleksnost tih komponenti.

Integralna arhitektura proizvoda može biti sastavljena od elemenata s:

- nepromjenjivim fizičkim komponentama i
- jednom ili više promjenjivom komponentom.

Pomoću integralne arhitekture s promjenjivim fizičkim komponentama dobivaju se varijante proizvoda različitih geometrijskih izvedbi. Takvi proizvodi definirani su kao proizvodi širokog spektra upotrebe koji zadovoljavaju istu funkciju, koji su zasnovani na istom principu, koji su napravljeni u istim veličinama i proizvedeni su istim proizvodnim procesima. Osnova za promjenjivost geometrijskih veličina je korištenje zakona sličnosti prilikom razvoja varijanata. Za strojarske proizvode, kao što su u ovom slučaju plinski filteri, ti se zakoni ne moraju zasnivati samo na geometrijskoj proporciji, već mogu biti zasnovani na osnovi protoka, vrste medija ili pak temperature medija.

2.3.2.2. *Modularna arhitektura proizvoda*

Modularna arhitektura proizvoda podrazumijeva povezivanje jedne ili više funkcija u funkcijskoj strukturi s jednim elementom u hijerarhijskoj strukturi komponenata proizvoda. Korištenjem modularne arhitekture proizvod je podijeljen u module koji se mogu mijenjati i kojima je moguće promijeniti geometrijsku veličinu ili funkciju s ciljem dobivanja različitih varijanti proizvoda. Moduli se najčešće opisuju kao grupa funkcionalno ili strukturalno neovisnih komponenata čije je međudjelovanje svedeno na minimum. Kako funkcija ili struktura pojedinog modula mora biti povezana s funkcijom/strukturom cijelog proizvoda, moduli ne mogu biti potpuno neovisni o drugim modulima i moraju se definirati zajedno s proizvodom kojem pripadaju [1].

Korištenje modularne arhitekture u konstruiranju i proizvodnji donosi mnoge prednosti, kako za proizvođače tako i za naručitelje:

- snižavanje cijena varijanti proizvoda – s obzirom da se moduli proizvode u većoj količini nego varijante proizvoda, cijene modula, a ujedno i varijanata sačinjenih od modula su manje nego cijene proizvoda koji nisu sačinjeni od modula
- povećanje mogućnosti zamjene modula – s obzirom da su sučelja modula točno određena, promjena jednog modula moguća je neovisno od promjene drugih modula
- povećanje varijantnosti proizvoda – povećanje broja varijanti ostvareno je različitim kombinacijama modula
- brža isporuka proizvoda – korištenjem gotovih modula u proizvodnji skraćuje se vrijeme potrebno za izradu proizvoda, a time i potrebno vrijeme da se proizvod pojavi na tržištu
- jednostavnost održavanja i sklapanja – s obzirom da je proizvod sastavljen od modula, potrebno je zamijeniti samo pojedine module kada je potreban popravak ili čišćenje kao u slučaju plinskih filtera. Iz istog razloga, nadogradnja, održavanje i rasklapanje proizvoda na kraju životnog ciklusa proizvoda, bitno su jednostavniji.

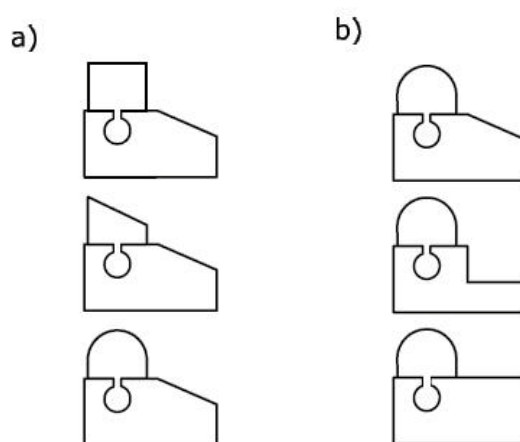
Korištenje standardiziranih sučelja između modula podrazumijeva definiranje funkcionalnih i spojnih veza između modula koja ostaju nepromijenjena u procesu razvoja proizvoda.

2.3.2.2.1. Vrste modularne arhitekture

Modularna arhitektura se s obzirom na načine međusobne izmjene modula može podijeliti na:

- arhitektura s utorima (eng. **slot**)
- sabirnička arhitektura (eng. **bus**)
- sekcijska arhitektura (eng. **sectional**)

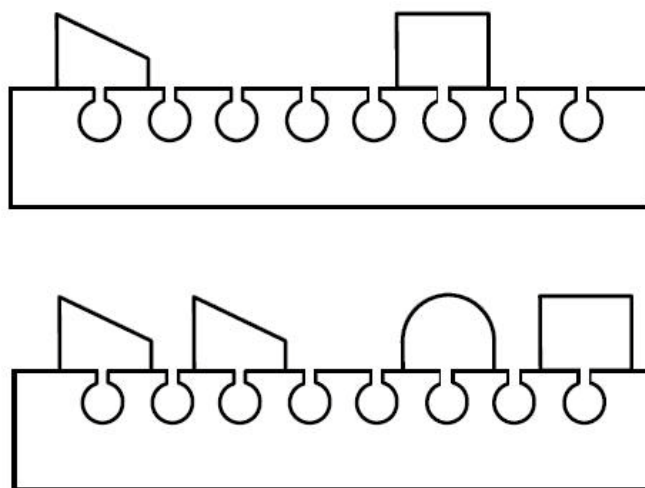
Modularna arhitektura s utorima opisana je kao arhitektura kod koje se jedan osnovni modul može povezati s drugim modulima putem istog sučelja (slika 6.) s ciljem izvršavanja različitih zadataka.



Slika 5. Vrste modularne arhitekture s utorima
a) izmjena komponenata, **b)** dijeljenje komponenata

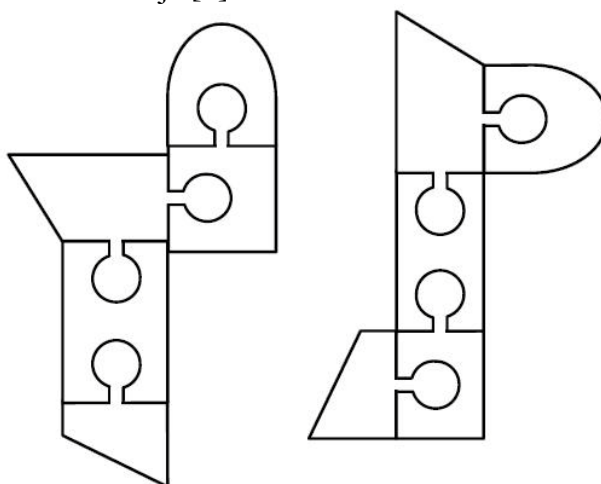
Arhitekture izmjene i dijeljenja komponenti predstavljaju dvije vrste modularne arhitekture s utorima. Arhitektura izmjene komponenti opisuje arhitekturu kod koje se dva ili više modula mogu povezati preko istih sučelja s istim osnovnim modulom, kreirajući pri tome različite varijante proizvoda koje pripadaju istoj familiji proizvoda. Primjer arhitekture izmjene komponenti možemo primijeniti i na plinske filtre, gdje odabirom nazivnog otvora odnosno veličinom samog filtra variramo između različitih vrsta i karakteristika filtera kao dijelova veće instalacije. Arhitektura dijeljenja komponenti opisuje arhitekturu kod koje se isti modul koristi u cijeloj familiji proizvoda ili u različitim familijama proizvoda, pri čemu se također povezivanje modula ostvareno preko istih sučelja. Primjer modularnosti dijeljenja komponenti je npr. korištenje istog filtarskog uložka za nekoliko različitih vrsta ili nazivnih otvora plinskih filtera.

Sabirnička modularna arhitektura opisana je kao arhitektura kod koje se osnovni modul može spajati s više istih ili različitih modula (slika 7.), čime se osigurava veća fleksibilnost. Osnovna razlika između sabirničke i arhitekture s utorima je u tome što sabirnička arhitektura dozvoljava mijenjanje pozicije i broja modula [1].



Slika 6. Sabirnička modularna arhitektura

Sekcijska modularna arhitektura (*slika 8.*) opisana je kao arhitektura kod koje je smještaj modula u proizvodu slobodan, odnosno module je moguće povezati na različitim mjestima uz uvjet da su međusobno povezani istim sučeljem. Različitim smještajem pojedinih komponenti moguće je ostvariti različite funkcije nekog proizvoda čime zapravo dobivamo potpuno novi proizvod. Za ostvarivanje veće mogućnosti kombiniranja modula, moduli mogu imati više različitih sučelja [1].



Slika 7. Sekcijska modularna arhitektura

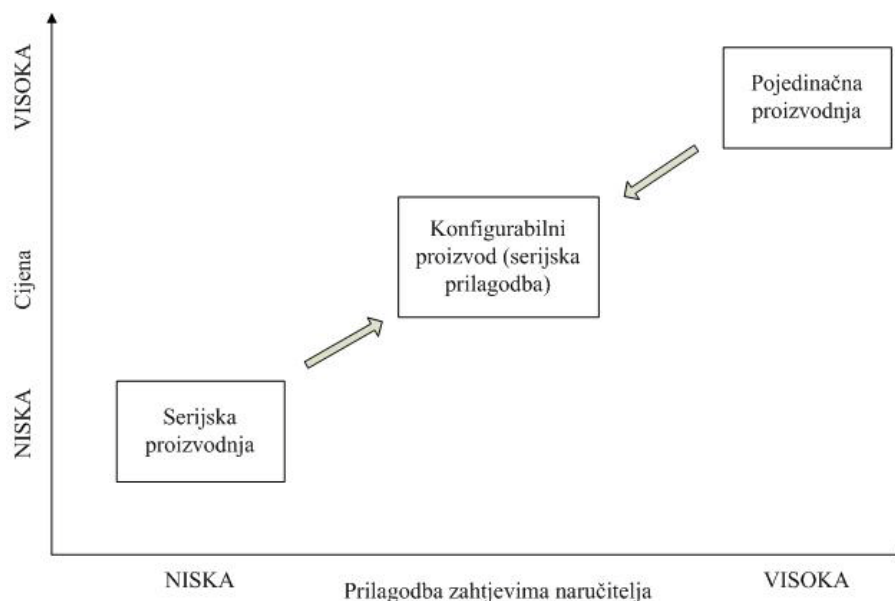
2.3.2.2.2. Klasifikacija modula

Pojedini moduli mogu biti sastavni dio svih varijanata proizvoda ili se mogu pojavljivati samo u nekim varijantama određene familije proizvoda. Na osnovu te uloge module možemo podijeliti na:

- *temeljne module* – moduli koji su zajednički u svim varijantama proizvoda
- *izborne module* – moduli korišteni za stvaranje raznolikosti između varijanata proizvoda, a određeni su zahtjevima naručitelja
- *dodatne module* – njihovo postojanje uvjetuju drugi moduli
- *specijalni moduli* – prilagođeni su za potrebe individualnih naručitelja [1]

3. Konfigurabilni proizvodi

Većina tvrtki koje se danas pojavljuju na tržištu koncentrira se na razvoj proizvoda koji zadovoljavaju zahtjeve pojedinih naručitelja. Jedan od glavnih smjerova rješavanja prilagodbe proizvoda zahtjevima naručitelja je razvoj konfigurabilnih proizvoda. Takvi proizvodi obuhvaćaju spektar različitih, ali usko povezanih varijanti proizvoda koje zadovoljavaju potrebe individualnih naručitelja. Cilj koji se želi postići razvojem konfigurabilnih proizvoda je omogućiti jednostavnije upravljanje i smanjivanje vremena trajanja sljedećih faza životnog ciklusa proizvoda: narudžbe, prodaje, konstruiranja, proizvodnje, isporuke i održavanja varijanti proizvoda [1], [2].



Slika 8. Serijska prilagodba

Razvoj konfigurabilnih proizvoda osnovna je paradigma serijske prilagodbe o kojoj je već bilo govora u uvodnom poglavlju. Na slici 10 vidljiv je odnos cijene i razine prilagodbe zahtjevima.

Tvrtke, čiji je proizvodni program obuhvaćao pojedinačnu proizvodnju, prelaze na serijsku prilagodbu kako bi smanjili vrijeme isporuke proizvoda na tržište i kako bi mogli ponovno koristiti znanje stečeno u razvojnom procesu proizvoda. Prilikom prelaska s pojedinačne proizvodnje na serijsku prilagodbu, u praksi se pojavljuju problemi vezani uz standardizaciju i sistematizaciju proizvoda i samog procesa proizvodnje. Stoga je prelazak opravdan samo ako je broj varijanata proizvoda dovoljno velik, što direktno ovisi o situaciji na tržištu. Glavna prednost serijske prilagodbe, odnosno proizvoda proizašlih iz takve proizvodnje, jest 10-15% veća tržišna cijena. Takva je proizvodnja namijenjena korisnicima koji imaju posebne zahtjeve, posebice onima koji su spremni takve zahtjeve i dodatno platiti.

Drugi pak su slučaj tvrtke koja su imala serijsku proizvodnju te se okreću serijskoj prilagodbi kao boljoj proizvodnoj mogućnosti. Takvim se mjerama tvrtke osiguravaju od povećane konkurencije jer se takvom proizvodnjom na tržištu nalazi više varijanti istog proizvoda čime se povećava mogućnost odabira od strane korisnika [1].

3.1. Značajke konfigurabilnih proizvoda

Kao arhitektura za kreiranje konfigurabilnih proizvoda najčešće se koristi modularna arhitektura proizvoda. Značajke konfigurabilnih proizvoda su [1]:

- svaka varijanta konstruirana je prema individualnim zahtjevima naručitelja
- proizvod je predefiniran, s ciljem zadovoljavanja šireg opsega različitih zahtjeva naručitelj
- proizvod ima modularnu arhitekturu
- svaka varijanta je određena kombinacijom gotovih komponenti (modula)

Prednosti konfigurabilnih proizvoda su:

- mogućnost zadovoljavanja većeg broja zahtjeva naručitelja,
- varijante proizvoda temeljene su na sistematiziranom znanju o konfiguriranju,
- manje vrijeme potrebno je za isporuku proizvoda na tržište i
- povećana kontrola proizvodnje, npr. veći broj varijanata s manjim brojem komponenata.

3.2 Proces konfiguriranja

Proces konfiguriranja proizvoda je proces kojim se određuje, do određene granice, gradivna struktura varijante proizvoda prilagođene specifičnim zahtjevima korisnika, unutar ograničenja koja su postavljena arhitekturom proizvoda. Početak procesa konfiguriranja je lista zahtjeva, koja formalno predstavlja listu zahtjeva kupca.

Rezultat procesa konfiguriranja je *konfiguracija* kojom je opisana varijanta proizvoda koja će se proizvoditi za određenog kupca. Rezultat konfiguriranja ne mora biti samo jedna konfiguracija već može biti i više njih koje zadovoljavaju zahtjeve. Proces konfiguriranja je iterativni proces kod kojeg rezultat ne mora u potpunosti zadovoljiti zadane zahtjeve. U tom je slučaju potrebno ponoviti proces konfiguriranja, dok se ne ostvari konfiguracija koja u potpunosti ispunjava tražene zahtjeve.

Cilj procesa konfiguriranja je da se iz zadane skupine elemenata proizvoda odredi varijantu proizvoda, koristeći poznata pravila i ograničenja između odabranih elemenata koji zadovoljavaju tražene zahtjeve [1].

3.3. Konfiguracijski sustavi

Konfiguracijski sustavi su informacijski sustavi koji se koriste u procesu konfiguriranja varijanata familije proizvoda na temelju zahtjeva naručitelja. Postoji nekoliko klasifikacija temeljem kojih se konfiguracijski sustavi mogu podijeliti. Obzirom na fazu razvoja u kojoj će se primijeniti, konfiguracijske sustave možemo podijeliti na [1]:

- prodajne konfiguracijske sustave (front office) i
- konstrukcijske konfiguracijske sustave (back office).

Zadaće i aktivnosti *prodajnih konfiguracijskih sustava* namijenjene su za potporu djelatnicima u prodaji, prilikom kreiranja ponuda na upite naručitelja.

Zadaće i aktivnosti *konstrukcijskih i konfiguracijskih sustava* namijene su za potporu djelatnicima u konstrukcijskim uredima, prilikom konstrukcijske razrade odabranih rješenja i pripremi tehničke dokumentacije za proizvodnju.

Obzirom na broj funkcija koje izvršavaju konfiguracijski sustavi mogu se podijeliti na primitivne, interaktivne i automatizirane. Na najjednostavnijoj razini, konfiguracijski sustavi samo zapisuju konfiguracijske odluke koje donosi korisnik. Sustav ne provjerava međusobnu kompatibilnost odluka, niti jesu li sve potrebne odluke donesene. Ovakva vrsta konfiguracijskih sustava koristi se kao potpora izradi ponuda za naručitelja i nazivaju se *primitivni konfiguracijski sustavi*. Na srednjoj razini nalaze se *interaktivni konfiguracijski sustavi*, koji provjeravaju i zapisuju međusobnu kompatibilnost odluka te vode korisnika prilikom odlučivanja s ciljem donošenja svih potrebnih odluka. Potpuna podrška konfiguracijskom procesu ostvarena je tzv. *automatiziranim konfiguracijskim sustavima*. Automatizirani konfiguracijski sustavi sadrže svu funkcionalnost kao i interaktivni konfiguracijski sustavi, te su još u mogućnosti da na osnovu zahtjeva naručitelja automatski izvrše kompletan proces konfiguriranja.

Prednosti korištenja konfiguracijskih sustava nastalih temeljem modularne arhitekture proizvoda su:

- smanjenje broja grešaka u procesu konfiguriranja
- smanjenje vremena konfiguriranja varijanata proizvoda
- smanjenje troškova proizvodnje varijanata proizvoda i
- povećanje varijantnosti (asortimana) proizvoda.

4. Plinski filtri

4.1. Analiza postojećeg stanja

Osnovna funkcija plinskih filtara je pročišćavanje plinova na ulazu u mjerno-regulacijske stanice, a sama izvedba (kutni ili ravni) ovisi o izvedbi mjerno-regulacijske stanice.

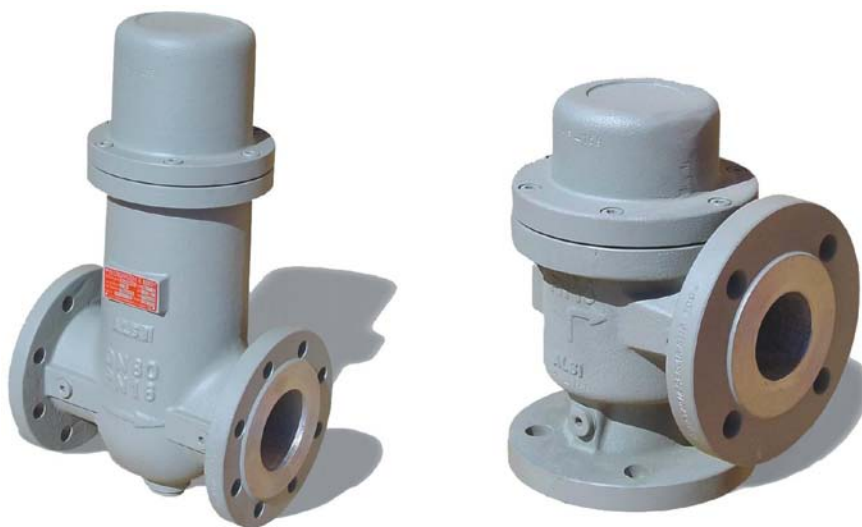
Pri strujanju plina kroz cjevovode, plin nosi razne nečistoće koje mogu biti njegov sastavni dio, no mogu se pojaviti i u cjevovodu uslijed korozije metala ili pak zbog neispuhivanja sustava prije same eksploatacije. Nečistoće nošene plinom mogu oštetiti uređaje u mjerno-regulacijskim stanicama.

Ugradnjom ravnih ili kutnih filtara (*slika 1.*) ispred regulatora tlaka i druge mjerne opreme nečistoće nošene plinom se zadržavaju, te se tako sprječava oštećenje spomenutih uređaja.

Plinski filtri rade po slijedećem principu: plin koji struji cjevovodom nakon ulaska u filter mora proći kroz uložak košarice filtra koji sprječava krutim česticama daljnje strujanje s plinom. Krute čestice padaju na dno tijela filtra, a sitna prašina ostaje na ulošku košarice filtra.

Ravni i kutni filtri mogu se koristiti za prirodni (zemni) plin, zrak, propan i sve druge nekorozivne plinove.

Godišnja proizvodnja i prodaja u tvrtki EKO Međimurje d.d. je veća od 2500 komada, dok odnos ravnih i kutnih varira i kreće se oko 70% u korist ravnih i 30% u korist kutnih filtara [3].



Slika 9. Plinski filtri, lijevo – ravni filter, desno – kutni filter

Karakteristike filtra i tehnički podaci

- male ugradbene dimenzije
- cjelovita i laka ugradnja
- laka izmjena uložaka filtra
- jednostavno čišćenje

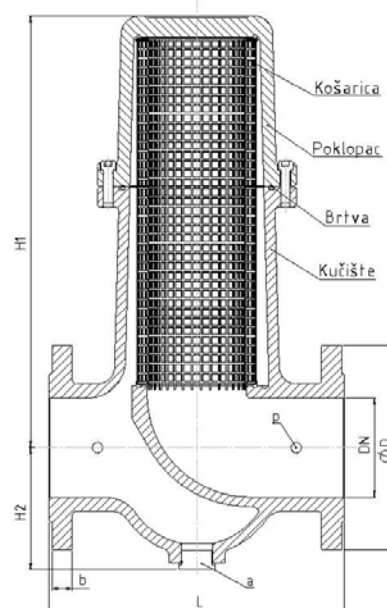
<i>Filtar</i>	<i>ZFG</i>	<i>ZEFG</i>
<i>Izvedba</i>	Ravni filter	Kutni filter
<i>Radni tlak</i>	PN 16, PN 40	PN 16, PN 40
<i>Nazivni otvori</i>	DN 25 DN 50 DN 80 DN 100 DN 150	DN 25 DN 50 DN 80 DN 100
<i>Priključak</i>	obostrano prirubnicama prema DIN EN 1092	
<i>Medij</i>	svi plinovi prema DVGW-AB G 260	
<i>Radna temperatura</i>	-10°C do +70°C	
<i>Uložak filtera</i>	impregnirana celuloza pojačana poliesterskim vlaknima	
<i>Maks. brzina strujanja u cijevima</i>	20 m/s	
<i>Stupanj filtriranja</i>	91% sintetičkog praha filtarski razred prema DIN EN 779: G4/EU4	
<i>Pad tlaka</i>	prema dijagramu	
<i>Maks. pad tlaka za nečisti uložak</i>	$\Delta p_{\max} = 500 \text{ mbar}$	
<i>Kučište</i>	PN 16, PN 40 EN-GJS-400-15 (GGG 40) PN 16 G-AlSi12	
<i>Košarica filtera</i>	pocinčani čelični lim	
<i>Brtve</i>	NBR	
<i>Ispitivanje</i>	potvrda o ispitivanju s certifikatom prema EN 10204	
<i>Registracijski broj i oznaka</i>	DG-4505AP0988	DG-4505AP0989

Tablica 2. Tehnički podaci filtera

4.2. Izgled i funkcija filtra

4.2.1. Ravni plinski filter ZFG

Kod ove izvedbe kućišta filtra ulazni i izlazni promjer, odnosno priрубnice nalaze se u istoj osi što omogućuje jednoznačni način ugradnje. Plin struji od ulaznog nazivnog otvora NO kroz košaricu filtra obloženu poliesterskim vlaknima, pritom se otklanjaju nečistoće, te izlazi pročišćen kroz nazivni otvor izlaza koji je po promjeru identičan ulaznom [3].



Slika 10. Ravni plinski filter ZFG u presjeku s glavnim dijelovima

Ravni filter se trenutno pojavljuje u 5 različitih veličina nazivnog otvora. Svaki filter ima specifične dimenzije (slika 10. – desno) koje ovise o protoku koji direktno utječe na ulazni i izlazni promjer kao i na promjer košarice (uloška).

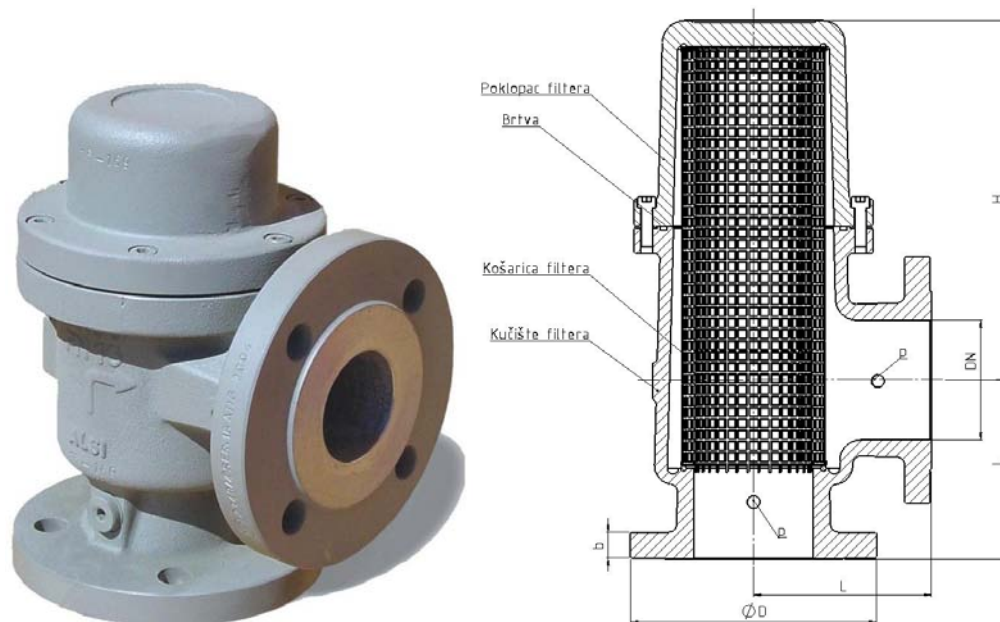
Glavne dimenzije ravnih filtra koji se trenutno nalaze u proizvodnom asortimanu tvrtke EKO-Međimurje d.d. navedene su u tablici 3.

DN	H1 (mm)	H2 (mm)	L (mm)	ØD (mm)	b (mm)	p	a (mm)	GGG (kg)	AlSi (kg)
25	126	57	140	115	18	G1/4	G1/2	7,8	2,5
50	212	82	210	165	22	G1/4	G1/2	19,3	6,7
80	375	114	268	200	24	G1/4	G1	31	12,7
100	465	134	318	220	25	G1/4	G1	54	20,5
150	677	164	400	285	26	G1/4	G1	122	41,5

Tablica 3. Dimenzije filtra ZFG različitih nazivnih otvora

4.2.2. Kutni plinski filter ZEFG

Ova izvedba kućišta karakteristična je po tome da ulazni i izlazni otvori, odnosno priрубnice imaju okomite osi, te je stoga ova izvedba prikladna za ugradnju na mjestima gdje se plinske cijevi spajaju pod kutem od 90° [3].



Slika 11. Kutni plinski filter ZEFG u presjeku s glavnim dijelovima

Za razliku od ravne izvedbe filtra, kutni filter se radi u 4 veličine koje također ovise o izlaznom i ulaznom nazivnom otvoru. Nazivni otvori i veličine košarice su identične za obje vrste filtra, s razlikom u dimenzijama kao i u slučaju najvećeg nazivnog otvora NO150 koji se ne proizvodi u kutnoj izvedbi. U *tablici 4.* prikazane su osnovne dimenzije ZEFG kutnih filtera koji se trenutno proizvode u tvrtki EKO-Međimurje d.d..

DN	H (mm)	L (mm)	ØD (mm)	b (mm)	p	GGG (kg)	AlSi (kg)
25	86	78	115	18	G1/4	6,5	2,25
50	125	123	165	22	G1/4	13,4	5,86
80	258	134	200	24	G1/4	28	9,8
100	321	159	220	24	G1/4	43	14,2

Tablica 4. Dimenzije filtra ZEFG različitih nazivnih otvora

5. Standardizacija i unificiranje plinskih filtera

5.1. Rekonstrukcija kućišta i poklopca

Postojeći proizvodni asortiman tvrtke EKO-Međimurje d.d. sadrži ukupno 9 različitih vrsta plinskih filtera - 5 je ravnih ZFG filtera nazivnih otvora prema *tablici 3.*, dok ostale 4 vrste pripadaju kutnim ZEFG filtrima nazivnih otvora prema *tablici 4.*

Svaki filter lijeva se u vlastitom kalupu te ima različite dimenzije kućišta i poklopca ovisne o protoku koji proporcionalno ovisi o nazivnom otvoru NO. Obje vrste filtera, ZFG i ZEFG, imaju filtarske uloške određenih dimenzija koji su pridruženi odgovarajućem nazivnom otvoru. Filtarski ulošci npr. ravnog ZFG filtra NO50 i kutnog ZEFG filtra NO50 su potpuno jednakih dimenzija čime je djelomično ostvarena standardizacija smanjenjem broja različitih komponenti, a time i troškova razvoja i izrade.

Obzirom da se filteri izrađuju za različita tržišta, postoji potreba za različitim izvedbama. Ovisno o kupcu, plinski filter se može isporučiti i bez uloška, kojeg naručitelj sam ugrađuje prema propisanim dimenzijama. Takav način isporuke iziskuje od tvrtke EKO Međimurje d.d. visoku fleksibilnost. Naime, dimenzije postojećih kućišta i poklopaca koje se proizvode u EKO Međimurju d.d., ne moraju uvijek odgovarati dimenzijama naručiteljevog uloška. Zbog toga se u tvrtki broj varijanti proizvoda u zadnjoj godini dodatno povećao na 11 obzirom da inozemni naručitelj ima posebne zahtjeve za kvalitetom obrade i dimenzijama kućišta i poklopca filtra koje nisu odgovarale postojećim varijantama.

Osnovni problem pri tome bila je činjenica da je uložak filtra koji strani kupac ugrađuje u kućište većih dimenzija nego je to razmak između dna kućišta i poklopca dozvoljavao, te je stoga dolazilo do sabijanja i deformiranja košarice, te posljedičnog pada brzine strujanja i protoka, kao i pada tlaka.

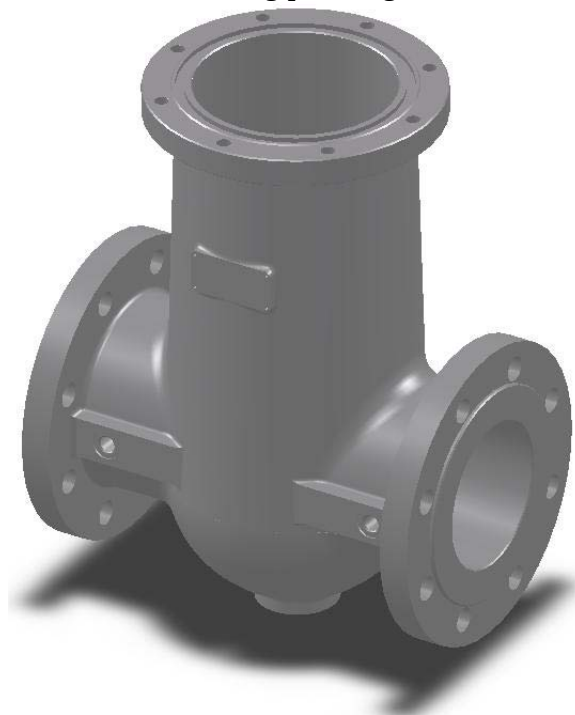
S ciljem smanjenja različitosti osnovnog filtarskog asortimana gledano sa strane EKO Međimurja d.d., prvi zadatak u ovom radu bio je prilagoditi varijante koje se plasiraju na domaće tržište varijantama filtera koje se plasiraju na inozemno tržište te izraditi njihove 3D računalne modele. Ideja prilagodbe bila je da se dimenzije filtarskih uložaka koje inozemni kupac sam ugrađuje izjednače s dimenzijama koje će tvrtka EKO-Međimurje d.d. izrađivati za potrebe domaćih kupaca u budućnosti.

5.1.1. Rekonstrukcija ravnog i kutnog plinskog filtra DN100 PN16

Glavni problem tvrtke predstavljali su upravo filteri DN100 PN16, koji su do sada bili dimenzijski različiti za domaće i strano tržište, te ih je bilo potrebno rekonstruirati. Kako je uložak koji je inozemni kupac sam ugrađivao većih dimenzija od samog kućišta i uloška koji se ugrađivao za domaće tržište, te uz zahtjev da se zbog uštede ne mijenja kalup, tvrtka je odlučila promijeniti način obrade. Dakle, trajanje i količina obrade bili su značajni, što je proizvodnju tih dviju varijanata filtera činilo skupljom. Kako je obrada odljevaka postala skupa, tvrtka se odlučila na unificiranje košarica, odnosno rekonstrukciju i poistovjećivanje dimenzija.

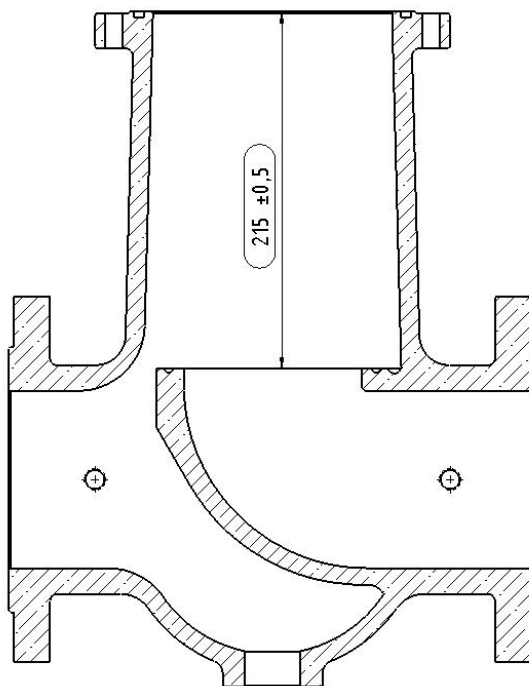
Kao prvi korak u rekonstrukciji sklopa ravnog filtra, prema novim dimenzijama bilo je potrebno rekonstruirati kućište te prilagoditi sve potrebne parametre. Pritom je vrlo važno napomenuti da proračunske dimenzije debljine stjenke, lijevačkog kuta i potrebna zaobljenja zadovoljavaju potrebne kriterije koji su dobiveni proračunom provedenim po normi AD-Merkblatt.

Na slici 12. prikazan je model kućišta ravnog plinskog filtra ZFG DN100 PN16.



Slika 12. Model kućišta ravnog filtra ZFG DN100 PN16

Važan podatak je da je ključna nova dimenzija dijela na koji nasjeda košarica filtra za razliku od prijašnjih $214 \pm 0,5 \text{ mm}$ sada $215 \pm 0,5$. Neznatna promjena od 1mm uvelike će utjecati na način obrade kao i na to da će se spriječiti sabijanje same košarice uloška. Na slici 13. vidljivo je koja je ključna mjera promijenjena.



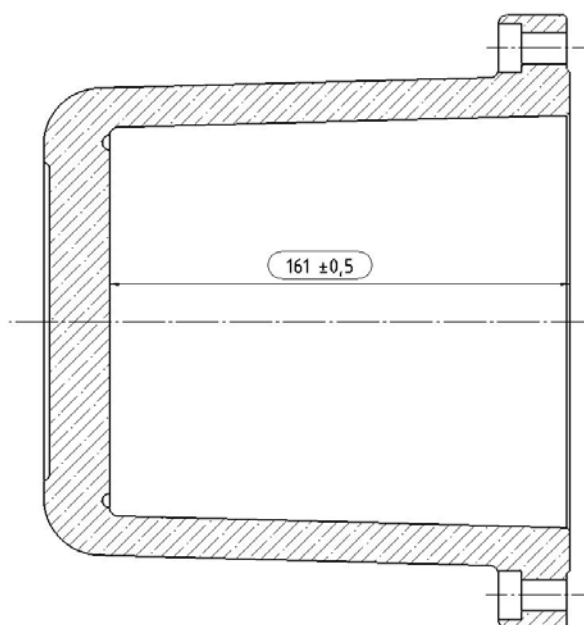
Slika 13. Izmijenjena dimenzija ravnog filtera

Kao drugi korak u rekonstrukciji sklopa ravnog filtra, bilo je potrebno rekonstruirati poklopac filtra. Važno je napomenuti da je poklopac istih dimenzija za obje vrste filtra, ravni i kutni, čime se uvelike smanjuju troškovi izrade. Na *slici 14.* prikazan je model poklopca filtra.



Slika 14. Model poklopca plinskih filtara

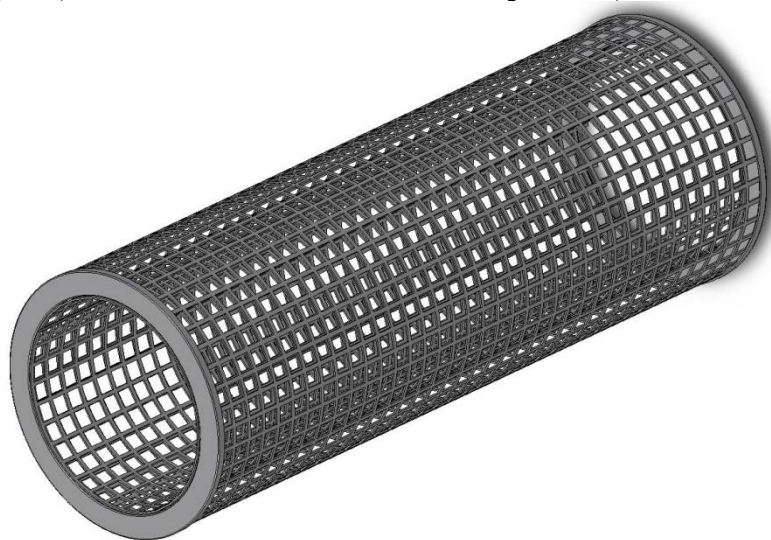
U ovom slučaju, unutarnje dimenzije poklopca su također povećane, te je kao ključna dimenzija visina promijenjena sa $159 \pm 0,5$ na sadašnjih $161 \pm 0,5$ čime su stvoreni preduvjeti za ugradnju veće košarice. Na *slici 15.* je vidljivo je koja je ključna dimenzija promijenjena.



Slika 15. Izmijenjena dimenzija poklopca filtra

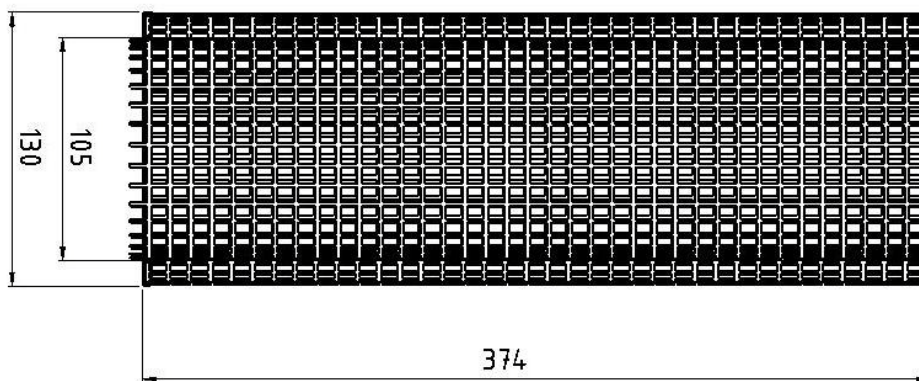
Treći, a ujedno i zadnji korak, bio je rekonstrukcija košarice odnosno uložka filtra koji se ugrađuju u proizvode za domaće tržište kako bi se oni prilagodili u novo kućište. Kako se zbog sigurnosnih razloga u obje izvedbe filtra ugrađuju standardne O-brtve, dimenzije košarice moraju biti manje od ukupnog zbroja prethodno promijenjenih ključnih dimenzija visine kako bi se ostvarila funkcija brtvljenja. Naime, prilikom montaže, gumene se brtve sabijanju i pritom elastično deformiraju čime zajedno sa košaricom tvore spoj koji osigurava čvrsto uležištenje košarice. Istovremeno, smanjene dimenzije visine košarice osiguravaju da se ista ne sabija i deformira.

Sklop košarice sastoji se od 3 glavna dijela – vanjskog i unutarnjeg lima te poklopca koji povezuje spomenute limove (*slika 16.*). Vanjski i unutarnji plašt izvedeni su od lima debljine 0,8 mm zadanih dimenzija te se savijaju u valjak određenog promjera (ovisi o nazivnom otvoru odnosno protoku).



Slika 16. Model sklopa košarice

Unutarnji i vanjski lim su izrezani dijelovi iz lima dimenzija određenih iz dimenzija kućišta. Na razvijeni lim narezuju se rupice (perforacija) dimenzija 8x8mm. Zatim se lim savija i to na način da se unutarnji lim dimenzija 380x325 savine na unutarnji promjer Ø105, a vanjski lim na promjer Ø128. Nakon potrebnih korekcija, prvo se u poklopac montira unutarnji lim, s njegove vanjske strane se stavlja poliesterski uložak, a nakon toga se stavlja vanjski lim, te se isto kao i unutarnji prihvatno zavaruje na poklopac. Na *slici 17.* vidi se presjek te glavne dimenzija košarice.



Slika 17. Model košarice s glavnim dimenzijama

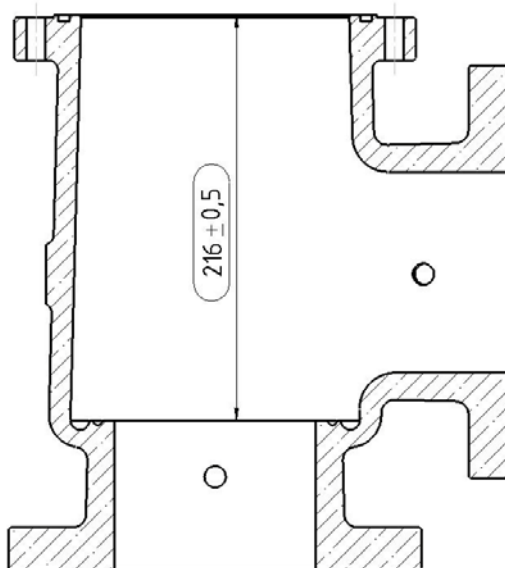
Prethodno opisani postupak proveden je i prilikom rekonstrukcije kutnog ZEFG DN100 PN16 filtra. Obzirom da su poklopac i košarice filtra identični za obje verzije, za kutni filter je bilo potrebno provesti samo rekonstrukciju kućišta.

Ključna dimenzija koju je bilo potrebno promijeniti ista je kao i kod ravnog filtra, tj. trebalo je povećati visinu kućišta na koje nasjeda košarica. Model kućišta vidljiv je na *slici 18*.



Slika 18. Model kućišta kutnog filtra ZEFG DN100 PN16

Odgovarajućom promjenom dobili smo nove ključne dimenzije unutrašnjosti kućišta filtra koje su vidljive na *slici 19*.



Slika 19. Izmijenjena dimenzija kutnog filtra

5.2. Unificiranje filtarskih uložaka

Smanjivši na prethodno opisano način broj različitih varijanata plinskih filtera gledano sa strane razvoja i proizvodnje sa 11 na 9 što uključuje domaće i strano tržište, u idućem koraku ovog rada se prešlo na razmatranje mogućnosti daljnjeg smanjenja različitosti filtarskih uložaka i mogućnosti za njihovo unificiranje. Već je prije navedeno da se prilikom montaže ravnih i kutnih plinskih filtera koriste iste košarice za iste nazivne otvore. Iz ove činjenice slijedi zaključak da se u plinske filtre ugrađuje 5 različitih vrsta košarica – po jedna za svaku dimenziju nazivnog otvora. Analizirajući dalje, došlo se do zaključka da je moguće provesti daljnje promjene sa svrhom standardizacije košarice plinskih filtera i smanjenja broja različitih vrsta košarica na manje od 5, čime bi uložak postao komponenta koju dijele različite varijante filtera. U tu svrhu, bilo je potrebno provesti kontrolni proračun, kako bi se dobile veličine potrebne za dimenzioniranje filtarskih uložaka koji će se moći ugraditi u filtere sa različitim nazivnim otvorima. Primjer proračuna koji slijedi napravljen je za filter DN100 PN16, no po istom principu napravljeni su proračuni i za sve ostale varijante.

5.2.1. Kontrolni proračun filtarskih uložaka

Poznate veličine:

$$v=20 \text{ m/s}$$

$$Q=200 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$p_0=1,01325 \text{ bar}$$

$$T_0=0^\circ\text{C} (273,15\text{K})$$

Izračunavanje stvarnog protoka pri pogonskim uvjetima Q_p [3]:

Za konstantni volumni protok Q vrijedi

$$\frac{p \cdot Q}{T} = \text{konst.} \quad (1)$$

Za filter ZFG/ZEFG DN100 PN16

$$T_r=20^\circ\text{C}$$

$$p_r=16\text{bar}$$

$$\frac{p_0 \cdot Q}{T_0} = \frac{p_r \cdot Q_r}{T_r} \quad (2)$$

$$Q_r = \frac{Q \cdot p_0 \cdot (T_r + T_0)}{p_r \cdot T_0} = \frac{200 \cdot 1,01325 \cdot 10^5 \cdot (20 + 273,15)}{16 \cdot 10^5 \cdot 273,15}$$

$$Q_r = 13,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Iz toga slijedi brzina strujanja fluida na izlazu [4]

$$Q_r = v_p \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \quad (3)$$

$$v_r = \frac{4 \cdot Q_r}{D^2 \cdot \pi} = \frac{4 \cdot 0,0037}{0,1^2 \cdot \pi}$$

$$v_r = 0,5 \frac{m}{s}$$

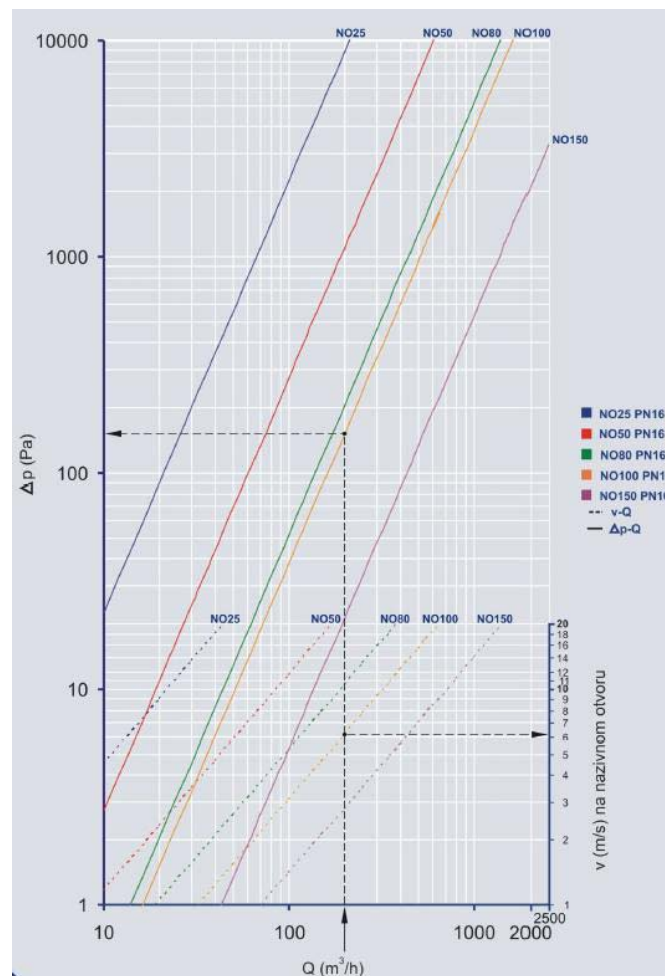
Dimenzioniranje promjera košarice

$$Q_r = v_r \cdot \frac{D_k^2 \cdot \pi}{4} \quad (4)$$

$$D_k = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_r}{v_r \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0037}{0,5 \cdot \pi}}$$

$$D_k = 99 \approx 100mm$$

Pad tlaka pri zadanom protoku $Q=200 \text{ m}^3/\text{h}$ i nazivni otvor DN100 očitavamo iz dijagrama Δp - Q (slika 20.)



Slika 20. Dijagram pada tlaka ravnog filtera za prirodni plin

Očitano za zadani promjer: $\Delta p_p = 160 \text{ Pa}$ i $v=6,3 \text{ m/s}$

Pad tlaka pri normalnom stanju [3]

$$\Delta p_n = \Delta p_p \cdot \left(\frac{Q}{Q_r} \right)^2 \quad (5)$$

$$\Delta p_n = 160 \cdot \left(\frac{200}{13,4} \right)^2 = 35643 \text{ Pa}$$

Na temelju ovog proračuna, možemo izračunati vrijednosti i za ostale veličine filtera, ali za isti zadani protok. *Tablica 5.* prikazuje vrijednosti za ravni filter ZFG.

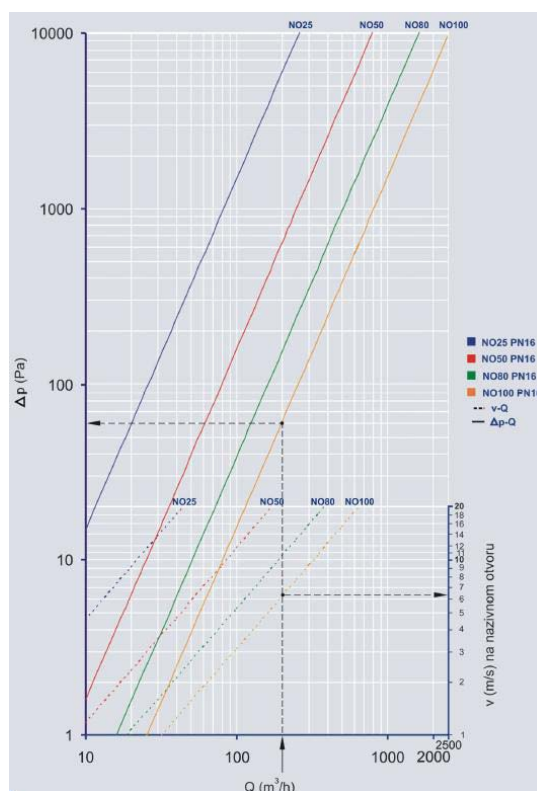
DN	Q_r (m^3/h)	D_k (mm)	Δp_p (Pa)	Δp_n (Pa)	v_r (m/s)
25	13,4	25	9000	2007000	7,6
50	13,4	50	1020	227460	1,9
80	13,4	80	200	44600	0,74
100	13,4	100	160	35643	0,5
150	13,4	150	50	11150	0,21

Tablica 5. Vrijednosti dobivene proračunom za ravne filtre

Iz *tablice 5.* jasno možemo vidjeti kako veličina nazivnog otvora utječe na pad tlaka i brzinu strujanja. Na temelju podataka možemo zaključiti da je nazivni otvor obrnuto proporcionalan brzini strujanja i padu tlaka. Dakle, što je nazivni veći to će vrijednost pada tlaka biti manja isto kao i brzina strujanja fluida.

Dobivene vrijednosti brzina služe nam u daljnjem razmatranju da bi definirali pad brzine strujanja.

Proračun za kutne filtre izvodi se isto kao i za ravne, dok se pad tlaka Δp očitava iz dijagrama na slici 21.



Slika 21. Dijagram pada tlaka kutnog filtra za prirodni plin

Iz proračuna koji smo izveli sukladno onom za ravne filtre, proizlaze podaci koji su prikazani u tablici 6.

DN	Q_r (m ³ /h)	D_k (mm)	Δp_p (Pa)	Δp_n (Pa)	v_r (m/s)
25	13,4	25	7000	1561000	7,6
50	13,4	50	600	133800	1,9
80	13,4	80	180	40140	0,74
100	13,4	100	80	17840	0,5

Tablica 6. Vrijednosti dobivene proračunom za kutne filtre

Na temelju dobivenih vrijednosti za pad tlaka i brzina dobivene su vrijednosti brzine i protoka na izlaznom dijelu filtra, uspoređene s ulaznim vrijednostima te je zaključeno da su one bitno manje. Možemo reći da su usko povezane s padom tlaka – kako je pad tlak za određeni nazivni otvor manji, tako je i brzina strujanja manja.

5.2.2. Rekonstrukcija filtarskih uložaka

S obzirom na postojeće dimenzije kućišta i poklopca, zaključeno je da je moguće provesti daljnju unifikaciju košarica. Naime, košarica se izrađuje od lima debljine 0,8 mm koji se reže u pravokutnik određenih dimenzija. Jedna dimenzija pravokutnika predstavlja visinu košarice koja je konstantna. Druga dimenzija je opseg košarice, a koji se dobiva savijanjem pravokutnika u valjak. Proučivši dimenzije kućišta, te izvođenjem jednostavnog proračuna predloženo je da se broj različitih košarica koje će se ubuduće ugrađivati u filtre je smanjen sa 5 na 3. Valja napomenuti da je tim košaricama jednak samo promjer, dok se visina, ovisno o protoku, mijenja. Takvo unificiranje omogućiti će je jednostavniju i jeftiniju izradu te daljnje mogućnosti koje mogu dovesti do potpune promjene u postojećoj familiji proizvoda.

5.2.2.1. Proračun dimenzija košarica

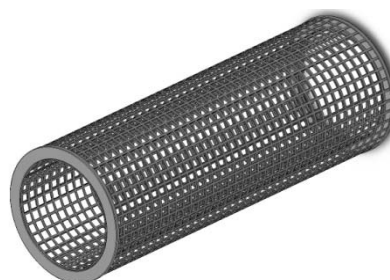
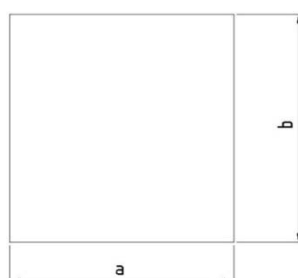
Primjer proračuna je izveden za najmanji promjer Ø30 i DN25

Poznate veličine:

$$d=30\text{mm}$$

$$Q=200\text{ m}^3/\text{h}$$

$$v_r=7,6\text{ m/s}$$



Slika 22. Lijevo - razvijena mjera košarice; desno –stvarni izgled košarice

Gdje je

$a \rightarrow$ opseg košarice

$b \rightarrow$ visina košarice

$$O = d \cdot \pi = 30 \cdot \pi = 95 \text{ mm} = a$$

$$Q = v_r \cdot b \cdot a \quad (6)$$

Slijedi da je visina košarice za traženi promjer

$$b = \frac{Q}{v_r \cdot a} = \frac{0,0555}{7,6 \cdot 0,095} = 77 \text{ mm}$$

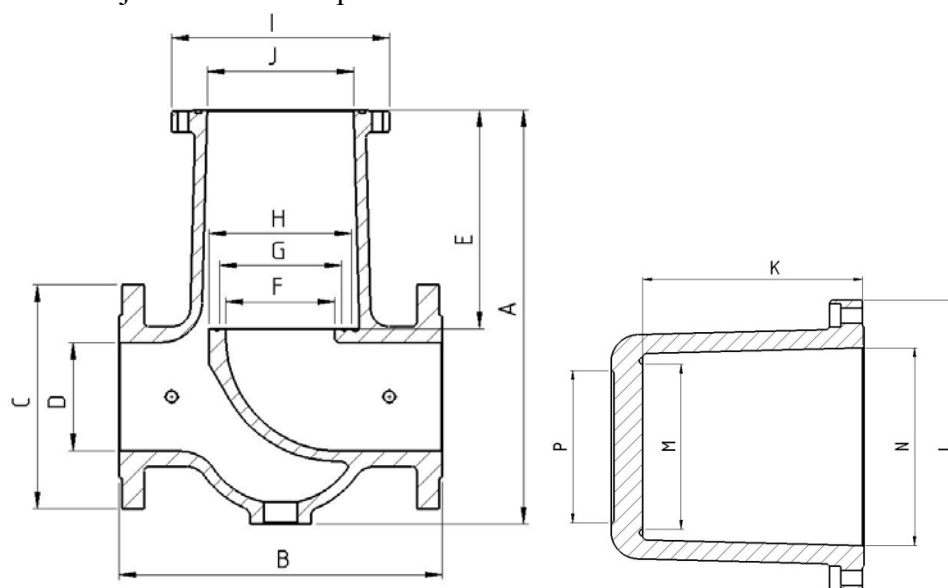
Sukladno ovom proračunu, izračunate su vrijednosti visine košarice za različite promjere isto kao i za različite vrste filtra - ravnog i kutnog. Izračunate vrijednosti su prikazane u *tablici 7*.

Ravni/kutni filter; PN16, PN40					
NO/parametar	25	50	80	100	150
Promjer košarice (mm)	Ø25	Ø50	Ø80	Ø100	Ø150
Visina košarice (mm)	85	186	298	353	562
Promjer košarice (mm)	Ø30		Ø85		
Dobivena visina košarice (mm)	77	310	281	416	
Promjer košarice (mm)	Ø32		Ø87		
Dobivena visina košarice (mm)	73	298	275	402	
Promjer košarice (mm)	Ø35		Ø90		
Dobivena visina košarice (mm)	66	273	265	389	
Promjer košarice (mm)	Ø37		Ø92		
Dobivena visina košarice (mm)	63	258	260	384	
Promjer košarice (mm)	Ø40		Ø95		
Dobivena visina košarice (mm)	58	238	251	372	

Tablica 7. Vrijednosti visine košarice za različite promjere

U tablici 7. vide se odabrane vrijednosti pridruženih promjera košarice te vrijednosti visine košarice dobivene proračunom za svaki pojedini pridruženi promjer. Naime, za po dva odabrana filtra, pretpostavljeno je da je moguće iskoristiti zajednički promjer košarice te su proračunate vrijednosti visine za iste. Potamnjene su vrijednosti one koje se na najbolji način mogu prilagoditi postojećoj konstrukciji kućišta i poklopca uz minimalne promjene po visini i promjeru.

U tablici 8. prikazane su glavne dimenzije sklopa ravnog ZFG rekonstruiranog filtra prema dimenzijama dobivenim proračunom.



Slika 23. Dimenzije ravnog filtra

DN/dim	Promjer košarice	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
25	Ø32	140	148	123	25	56	32	38	50	109	54
50		300	210	165	50	168	32	42	80	156	92
80	Ø85	360	268	200	80	198	85	90	108	179	116
100		420	318	220	100	218	85	92	140	214	144

Tablica 8. Dimenzije kućišta za pridruženi promjer

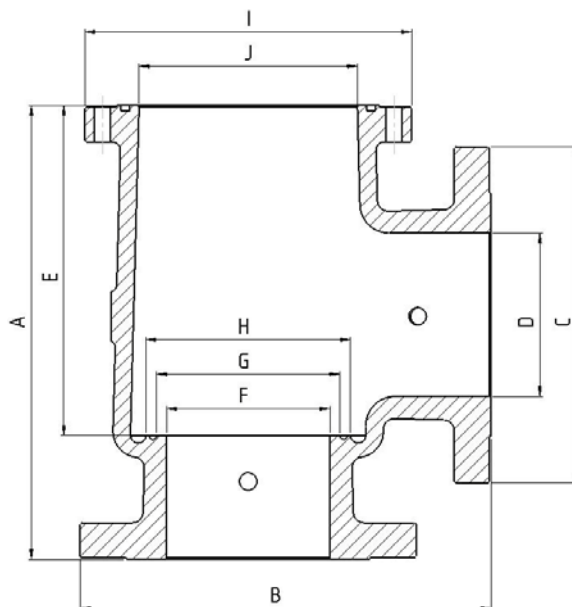
DN/dim	Promjer košarice	K	L	M	N	P
25	Ø32	15	105	36	54	50
50		128	156	36	92	70
80	Ø85	81	179	90	116	94
100		196	214	92	144	111

Tablica 9. Dimenzije poklopca za pridruženi promjer

U tablicama 8. i 9. vidimo vrijednosti na koje bi kućište, tj. sam kalup trebalo promijeniti što bi rezultiralo smanjenim troškovima promjene i izrade.

Ravni filter ZFG DN150 PN16/PN40 ostao je jedini koji ne dijeli košaricu s drugim izvedbama zbog prevelikih dimenzijskih razlika. Predloženom unifikacijom filteraskih uložaka omogućiti će je jedna dimenzija lima od kojeg se izrađuju pridružena dvama filterima različitih nazivnih otvora. Na taj će način i proizvodnja košarica koje se narezuju iz lima biti efikasnija zbog bolje iskoristivosti materijala.

Isti postupak proveden je i za kutne filtre kojih, za razliku od ravnih, ima u 4 veličine podijeljene prema nazivnim otvorima. Na slici 23. shematski su prikazane osnovne dimenzije, dok su u tablici 10. vrijednosti koje odgovaraju kotiranim dimenzijama. Dimenzije poklopca nije potrebno ponovno računati, jer su iste za obje vrste filtra.



Slika 24. Dimenzije kutnog filtra

DN/dim	Promjer košarice	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
25	Ø32	140	136	115	25	56	32	38	50	105	54
50		300	205	165	50	168	32	42	88	156	92
80	Ø85	272	234	200	80	198	85	90	116	179	116
100		350	269	220	100	218	85	92	140	214	143

Tablica 10. Dimenzije kutnog filtra

Zbog istog proračuna, tablicu vrijednosti visina košarice za različite promjere također nije potrebno posebno navoditi, jer ona je ista kao i za ravne filtere.

Obzirom da je proizvod podijeljen u module koji se mogu mijenjati i kojima je moguće promijeniti geometrijsku veličinu s ciljem dobivanja različitih varijanti proizvoda (u našem slučaju dimenzija košarice) ovakvom analizom postavljeni su temelji za uporabu istih košarica u više različitih varijanti filtra.

Korištenjem pristupa modularne arhitekture proizvoda predložene promjene predstavljaju pretpostavke za smanjenje troškova te povećanje jednostavnosti sklapanja i održavanja. Narudžbom košarice većih dimenzija i istog promjera za pridruženi nazivni otvor, kupac ima mogućnost modificiranja visine košarice.

5.3. Provjera maksimalne brzine strujanja plinova kroz filter

Za predložena rješenja, odnosno predložene modifikacije košarice bilo je potrebno napraviti provjeru u smislu brzine strujanja. Vidljivo je iz prethodnog izlaganja i proračuna da je pad tlaka i promjena brzine manja što je veći promjer košarice ili nazivnog otvora. Stoga će, kako smo i izračunali, pad brzine biti manji za onaj slučaj u kojem je promjer košarice manji od nazivnog promjera. Isto tako, za svaki slučaj u kojem je promjer košarice veći od nazivnog otvora, promjena brzine biti će veća. Obrnuta proporcionalnost vrijedi i za pad tlaka prilikom strujanja fluida kroz sam filter. Na temelju toga možemo zaključiti da je pad brzine strujanja u filteru kojem ve nazivni otvor veći od promjera košarice nepovoljniji. Kako je za veći promjer, brzina strujanja manja možemo reći da je slučaj za koji je nazivnom otvoru pridružen manji promjer povoljniji, jer je pad brzine manji.

Izračun brzine strujanja kroz filter.

- 1) slučaj za manji promjer Ø32, $Q=50 \text{ m}^3/\text{h}$

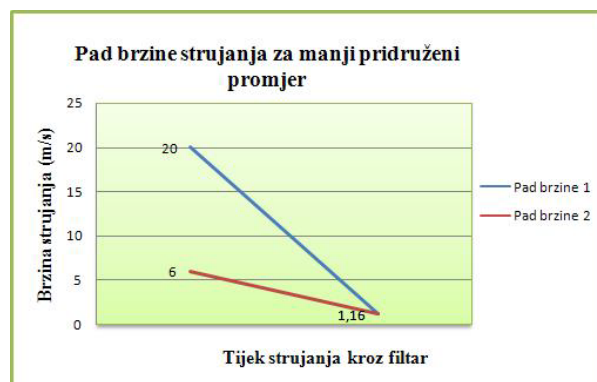
$$Q = v_r \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

$$v_r = \frac{4 \cdot Q}{d^2 \cdot \pi} = \frac{4 \cdot 0,014}{0,032^2 \cdot \pi} = 1,16 \text{ m/s}$$

- 2) slučaj za veći promjer Ø85, $Q=200 \text{ m}^3/\text{h}$

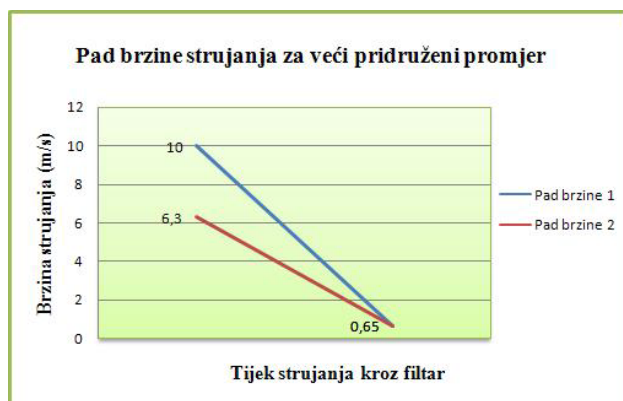
$$v_r = \frac{4 \cdot Q}{d^2 \cdot \pi} = \frac{4 \cdot 0,003}{0,085^2 \cdot \pi} = 0,65 \text{ m/s}$$

Dijagram na slici 25. prikazuje pad brzine strujanja kod filtra nazivnog otvora DN25 i DN50 kojima je pridružen zajednički promjer košarice Ø32. Kako je u filteru manjeg promjera brzina strujanja veća, jasno se vidi kako ona pada na vrlo nisku vrijednost zbog povećanja promjera košarice. Obrnuti slučaj je za filter većeg nazivnog otvora. Pad brzine 1 označava slučaj za filter DN25, dok pad brzine 2 označava filter DN50. Iz toga možemo zaključiti da je pad brzine za manji nazivni otvor DN25 s pridruženim promjerom košarice Ø32 veći nego bi on bio da je košarica promjera Ø25. Za filter nazivnog otvora DN 50 je obrnuti slučaj, gdje je pad brzine manji za isti pridruženi promjer košarice.



Slika 25. Pad brzina strujanja fluida za manji pridruženi promjer košarice

Dijagram na *slici 25* prikazuje pad brzine strujanja kod filtra nazivnih otvora DN80 i DN100 kojima je pridružen zajednički promjer košarice Ø85. Pad brzine 1 označava slučaj za filter DN80, dok pad brzine 2 označava slučaj za filter DN100. Ovime zaključujemo da je pad brzine za manji nazivni otvor DN80 te za pridruženi promjer košarice Ø85 veći nego što bi on bio kad bi košarica imala promjer Ø80.



Slika 26. Pad brzina strujanja fluida za veći pridruženi promjer košarice

6. Zaključak

U današnjim uvjetima globalizacije tržišta, sve je veći broj proizvoda koji su prilagođeni specifičnim zahtjevima individualnih korisnika. Osim toga, životni je vijek proizvoda sve kraći, proizvodi su kompleksniji, povećava se broj varijanti proizvoda te je ukupno vrijeme potrebno da se neki proizvod pojavi na tržištu sve kraće.

Navedeni razlozi, potakli su tvrtku EKO Međimurje d.d. da istraži mogućnosti smanjenja troškova razvoja i proizvodnje u smislu smanjenja varijantnosti proizvoda gledano sa strane razvoja i proizvodnje uz istovremeno zadržavanje različitosti i varijantnosti proizvoda gledano sa strane kupaca.

Cilj ovog rada bio je istražiti mogućnosti modularizacije plinskih filtara za različita tržišta, kao i standardizacije filtarskih uložaka za različite dimenzijske varijante filtara. Kao ključne komponente, filtarski ulošci direktno utječu na funkciju i dimenzije samog filtra te njihova promjena značajno utječe na promjenu cijelog proizvoda.

Rješenja koja su predložena i opisana u ovom radu predstavljaju jedan od mogućih iskoraka u željenom smjeru. Konstrukcijskim promjenama kućišta i poklopca napravljene su pretpostavke za distribuiranje istih plinskih filtera na domaćem i stranom tržištu, s i bez ugrađenih filtarskih uložaka. Osim toga, broj različitih filtarskih uložaka smanjen je na 4 uz zadržavanje različitosti nazivnih promjera čime je zadatak rada u ispunjen.

Analizom predloženih rješenja, možemo zaključiti da ovdje nije kraj mogućnostima daljnjeg rekonstruiranja i standardizacije ključnih komponenti. Detaljnim proračunom bi bilo moguće ostvariti dodatne promjene na kućištu koje bi omogućile da za različite nazivne otvore budu pridružene košarice identičnih dimenzija i to na način da je svakom manjem nazivnom otvoru pridružena košarica onog većeg.

7. Popis literature

- [1.] Pavlić, Davor; magistarski rad, FSB, Zagreb, 2003.
- [2.] Pavlić, Davor; doktorski rad, FSB, Zagreb, 2008.
- [3.] www.eko.hr
- [4.] Virag, Zdravko; Mehanika fluida, odabrana poglavlja, FSB, Zagreb, 2007.
- [5.] Falk, Kraus, Tiedt: Metalltechnik, Tabellen
- [6.] Decker, Karl-Heinz: Elementi strojeva, Tehnička knjiga, Zagreb, 2006.
- [7.] www.tracepartsonline.net
- [8.] Kraut, Bojan; Strojarski priručnik, Tehnička knjiga, Zagreb, 1986.

8. Prilog

U prilogu se nalaze sklopni crteži ravnog filtra ZFG DN100 PN16 te kutnog filtra ZEFG DN100 PN16. Također, u prilogu se mogu naći crteži svih nestandardnih pozicija i odljevaka.

Svi 3D računalni modeli i tehnička dokumentacija napravljeni su u CAD programskom paketu SolidWorks 2008, korištenjem opreme Laboratorija za konstruiranje – CADLab-a.